

# Análise de Caso DESSEM

Email do dia 12/07/2024: "DESSEM - deck dia 13/07/24"

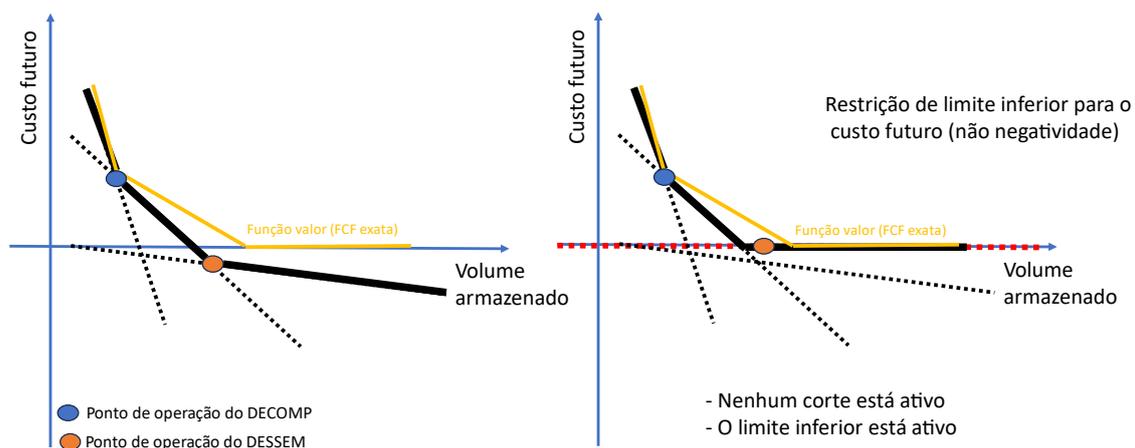
## 1 PROBLEMA OBSERVADO

O ONS solicitou a análise do caso do dia 13/07/24 que não foi publicado devido ao valor nulo observado no acoplamento com a Função de Custo Futuro do modelo DECOMP. Segue a análise.

## 2 ENTENDIMENTO DO CASO

Ao analisar o caso do dia 13 de julho 2024, observou-se que todos os cortes da Função de Custo Futuro (FCF) apresentaram multiplicadores nulos, indicando que esses cortes estão inativos no ponto de operação alcançado pelo DESSEM.

No entanto, é crucial notar que essa situação não necessariamente aponta para um erro no DESSEM. Quando os multiplicadores de todos os cortes se tornam nulos, isso sugere que o limite inferior do custo futuro está ativo no problema, com esse limite estabelecido em 0 (zero). Assim, no ponto de convergência do DESSEM, todos os cortes da FCF extrapolam para valores negativos, conforme ilustrado a seguir.

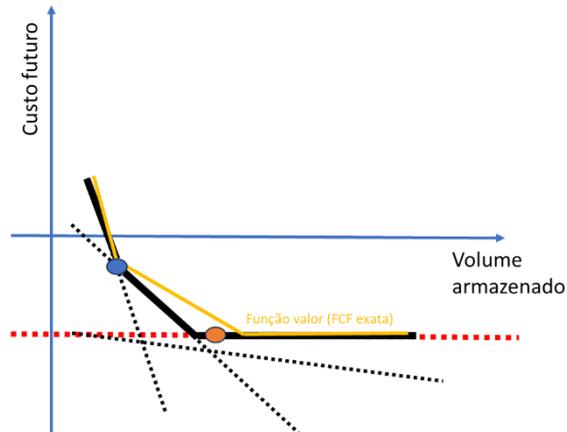


**Figura 2.1 Exemplo bidimensional de acoplamento do DESSEM com a FCF, demonstrando uma região de atividade não positiva dos cortes e a ativação da restrição de não negatividade do custo futuro**

Além disso, é relevante ressaltar que, durante o processo de resolução do DESSEM, esses cortes são transladados para baixo, visando a melhoria da estabilidade numérica do problema. Conseqüentemente, os valores objetivos das soluções dos PLs podem ter valores negativos. Contudo, o limite inferior do custo futuro é levado em consideração durante a translação, conforme exemplificado no esquema a seguir.

## Análise de Caso DESSEM

Email do dia 12/07/2024: "DESSEM - deck dia 13/07/24"



**Figura 2.2 Translação da FCF adotada pelo DESSEM**

Logo, para o caso do dia 13, a região de operação do DESSEM não apresenta cortes da FCF bem definidos pelo DECOMP. Esse comportamento pode indicar uma das seguintes situações, que não são mutuamente exclusivas:

- o DECOMP pode precisar gerar mais cortes no ponto de convergência do DESSEM;
- os pontos de operação entre DESSEM e DECOMP podem estar muito distantes. No entanto, é importante ressaltar que a distância é uma medida relativa, sendo crucial analisar o impacto dessa distância no custo futuro.

### 3 CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS SOBRE O ACOPLAMENTO ENTRE DESSEM E DECOMP

O DESSEM utiliza a Função Custo Futuro (FCF), que é construída pelo modelo DECOMP, para valorar a água armazenada ao final de seu horizonte de estudo. Devido à natureza de curto prazo do DESSEM, ele apresenta um detalhamento mais refinado das usinas hidrelétricas. Assim, muitas usinas que operam a fio d'água no DECOMP possuem reservatórios no DESSEM.

Entretanto, durante a construção da FCF no modelo DECOMP, são gerados cortes contendo termos exclusivamente para as usinas com reservatórios, conforme representado na equação simplificada a seguir.

$$\alpha \geq \pi^t V + rhs$$

em que:

$\alpha$ : representa o custo futuro;

$\pi^t$ : representa os coeficientes da função de custo futuro;

$V$ : representa o ponto de operação final dos reservatórios, sendo um  $n$ -upla  $V = (V_1, \dots, V_n)$ .

$rhs$ : termo constante do corte.

A fim de garantir que as usinas no DESSEM com reservatório, que são a fio d'água no DECOMP, não esgotem seus reservatórios devido à ausência de um coeficiente nos cortes da FCF, incorpora-se um coeficiente dado pelo multiplicador de Lagrange da restrição de balanço hídrico do DECOMP, e que

## Análise de Caso DESSEM

Email do dia 12/07/2024: "DESSEM - deck dia 13/07/24"

também é impresso no arquivo de cortes que é lido pelo DESSEM. Esse valor é obtido na iteração em que cada corte foi gerado. A representação simplificada dos cortes alterados é fornecida a seguir:

$$\bar{\alpha} \geq \bar{\pi}^t \bar{V} + rhs$$

em que:

$\bar{\alpha}$ : representa o custo futuro, considerando adicionalmente o armazenamento das usinas que antes eram a fio d'água no DECOMP;

$\bar{\pi}^t$ : representa os coeficientes da função de custo futuro, incluindo os coeficientes adicionais para as usinas a fio d'água no DECOMP;

$\bar{V}$ : representa o ponto de operação final dos reservatórios, sendo um  $(n + m)$ -upla  $V = (V_1, \dots, V_n, v_1, \dots, v_m)$ ;

$rhs$ : termo constante do corte.

Um potencial desacoplamento entre os modelos ocorre quando o ponto de convergência do DESSEM está significativamente distante do atingido pelo DECOMP. Considerando que o ponto de operação é uma  $(n + m)$ -upla dos volumes úteis finais de todas as usinas, e esses volumes individuais são valorados por custos distintos, o conceito de distância, nesse caso, deve envolver uma análise por usina. Essa análise deve levar em consideração o impacto específico de cada usina na parcela de cálculo do custo futuro.

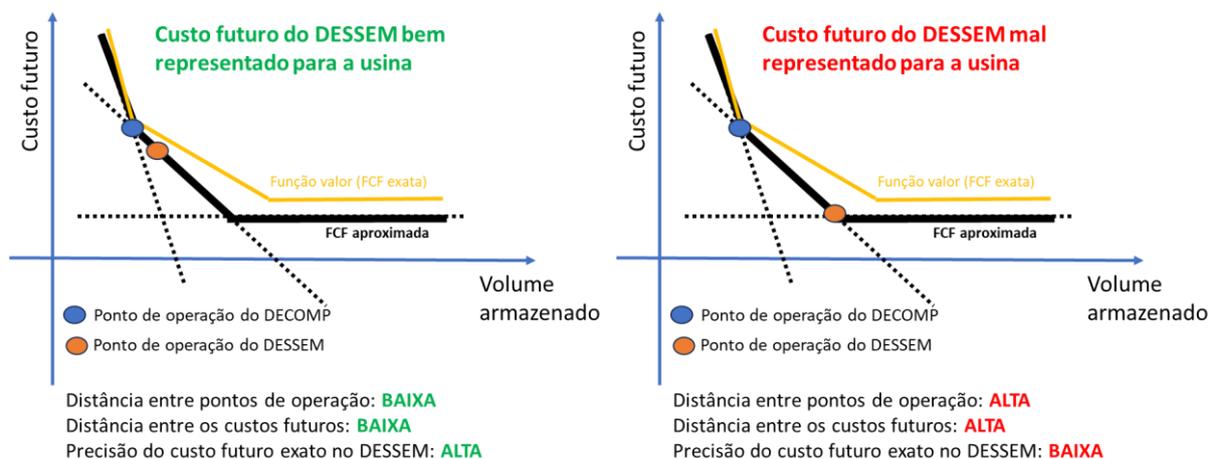


Figura 3.1 Custo futuro e o ponto de operação de acoplamento do DESSEM

## 4 ANÁLISE DO CASO DO DIA 13

Analisando o caso verificamos os coeficientes mais negativos da Função Custo Futuro (FCF) para as usinas regularizadas exclusivamente no DESSEM, onde destaca-se:

PIMENTAL ; UARM ; 0 ; 0 ; -11899083.7599360 ; (1000\$/hm3)

Figura 4.1 Coeficientes negativos na FCF para as usinas regularizadas somente do DESSEM

A usina Pimental apresenta um coeficiente de custo futuro extremamente negativo, portanto, no caso, este coeficiente da usina de Pimental é o principal causador do custo futuro negativo do DESSEM. Na subseção a seguir discutem-se as causas desse valor da água expressivo.



## Análise de Caso DESSEM

Email do dia 12/07/2024: "DESSEM - deck dia 13/07/24"



Portanto, mesmo a contribuição ínfima de armazenamento de 1  $hm^3$  de água na usina de Pimental, já causaria uma redução significativa no valor do custo futuro. Mesmo que a distância (euclidiana) do ponto de operação não seja considerada elevada, suas implicações no custo futuro são significativas.

### 4.3 ALTERNATIVAS DE SOLUÇÃO PARA O PROBLEMA

Como solução "paliativa" do problema sugerem-se as seguintes alternativas:

- folgar as restrições inseridas no DECOMP de forma que esse multiplicador significativo seja inibido, uma vez que as restrições já foram relaxadas para que o DECOMP as atendesse;
- tornar a usina de Pimental fio d'água no DESSEM;
- tornar a usina de Pimental regularizada no DECOMP;
- impor, no DESSEM, que o volume de armazenamento no fim do horizonte de estudo seja igual ao volume inicial da usina. Ressalta-se que essa alternativa pode causar uma distorção no valor do custo futuro se o volume inicial for diferente de zero (volume percebido pelo DECOMP).

Propõem-se também alternativas de implementações e estudos a curto e médio prazo para melhorar o acoplamento entre DESSEM e DECOMP:

- para todas as usinas regularizadas somente no DESSEM, implementar a obrigatoriedade de que seus volumes ao fim do horizonte de estudo sejam iguais ao seu volume inicial. No entanto, mesmo impedindo com que o DESSEM regularize a usina no período de acoplamento, multiplicadores altos podem causar uma discrepância entre o custo futuro do DECOMP e do DESSEM, uma vez que, no DECOMP esse valor é contabilizado no ponto "0" e no DESSEM poderá ser contabilizado em outro ponto. Assim, seria necessário também fazer um ajuste em relação ao valor de custo futuro do DESSEM;
- para as usinas a fio d'água, elaborar uma metodologia que refine o multiplicador da equação de balanço hídrico no DECOMP, para que esse valor não exprima um coeficiente exorbitante, que interfira na resolução do modelo DESSEM;

Finalmente, pode-se também, no médio e longo prazos, aprimorar o processo geral de acoplamento entre os dois modelos, que envolveriam ações não só do ponto de vista metodológico (implementação nos modelos), como do ponto de vista dos procedimentos para uso nos processos de PMO e PLD:

- aprimorar a representação do problema na primeira semana do DECOMP, para que fique mais próxima da do DESSEM e, assim, contribuir para aproximar a distância entre os pontos de acoplamentos dos dois modelos;
- criar um processo iterativo na execução dos modelos, onde o DECOMP poderia receber alguns pontos operativos atingidos pelo DESSEM, e ser forçado a construir cortes em regiões próximas a esse ponto. Isto poderia ser um "pós processamento" no DECOMP, o qual, mesmo após convergido, poderia fazer iterações adicionais apenas para aprimorar a construção da função de custo futuro;
- executar o DECOMP diariamente, para que a função de custo futuro utilizada pelo DESSEM possa ser atualizada de forma mais frequente, visto que alterações de dados ao longo da semana podem contribuir para aumentar a distância de acoplamento entre os dois modelos ao final da semana.

Finalmente, entendemos que, nesse momento, a primeira opção que seria a **flexibilização da restrição de Pimental no DECOMP** seria a solução mais adequada, inibindo o valor extremamente alto de seu multiplicador. Contudo, sugerimos uma discussão com as instituições sobre o assunto para determinar a forma mais robusta para o tratamento da questão.